

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-077041

(43)Date of publication of application : 23.03.2001

(51)Int.Cl. H01L 21/22  
H01L 21/31

(21)Application number : 11-248912

(71)Applicant : TOKYO ELECTRON LTD

(22)Date of filing : 02.09.1999

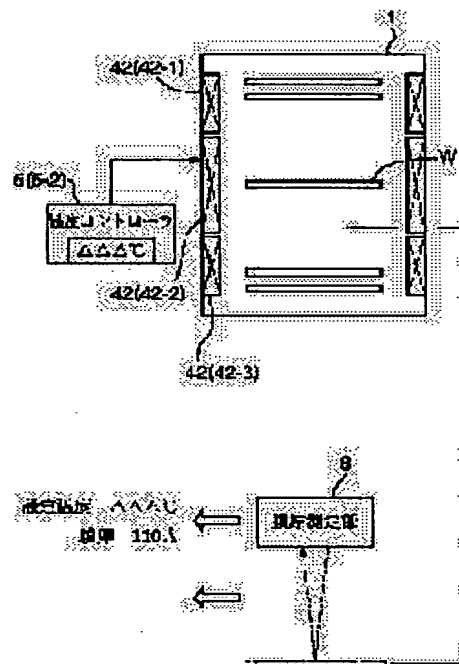
(72)Inventor : SUZUKI FUJIO  
SAKAMOTO KOICHI  
O BUNRYO  
YASUHARA MOYURU

## (54) TEMPERATURE CALIBRATING METHOD FOR THERMAL PROCESS DEVICE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To raise precision of a temperature controller by measuring the film thickness of a thin-film of object which is to be thermally processed, measuring the film thickness of a thin film of object for a second thermal process device, and so adjusting the temperature controller that these film thickness is identical before the later process is repeated.

**SOLUTION:** A wafer W is carried into a thermal process oven 1 for oxidation, and the thickness of oxide film thus obtained is measured with a film-thickness measuring part 8. The wafer W is set in a second thermal process device, and a temperature controller is set to the same temperature for oxidation, before a film thickness is measured. A difference between the film-thickness and that acquired in the previous process is acquired. Temperature difference = film thickness difference/film thickness temperature coefficient. If, for example, a film is thicker than that acquired in the previous process by 2.4 Å, a temperature difference is  $2.4/1.2=2$ , so the temperature setting of a temperature controller 5 should be lowered by 2°. So, an oxidizing process with the second thermal process device is repeated until the thickness of the latter oxide film is equal to that acquired in the previous process.



BEST AVAILABLE COPY

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-77041

(P2001-77041A)

(43) 公開日 平成13年3月23日 (2001.3.23)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード* (参考)
H 0 1 L 21/22	5 1 1	H 0 1 L 21/22	5 1 1 Q 5 F 0 4 5
21/31	5 0 1	21/31	5 0 1 N
			B

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平11-248912

(22) 出願日 平成11年9月2日 (1999.9.2)

(71) 出願人 000219967

東京エレクトロン株式会社

東京都港区赤坂5丁目3番6号

(72) 発明者 鈴木 富士雄

神奈川県津久井郡城山町町屋1丁目2番41号 東京エレクトロン東北株式会社相模事業所内

(72) 発明者 坂本 浩一

神奈川県津久井郡城山町町屋1丁目2番41号 東京エレクトロン東北株式会社相模事業所内

(74) 代理人 100091513

弁理士 井上 俊夫

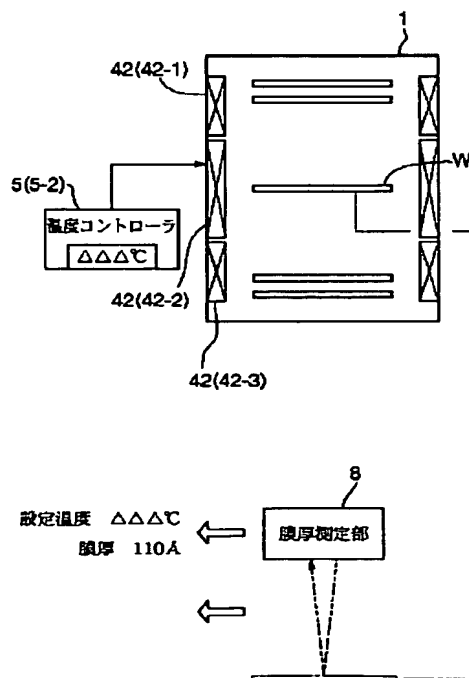
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 熱処理装置の温度校正方法

(57) 【要約】

【課題】 縦型熱処理装置のヒータについて温度校正を行う場合、熱電対付きウエハを炉内に入れて実際のウエハの温度を測定し、その測定値に温度コントローラの設定値を合わせ込んでいたが、この場合熱電対の金属によりプロセスウエハが汚染されるおそれがある。

【解決手段】 一の縦型熱処理装置を用いて事前に熱電対付きウエハを用いて温度コントローラの温度校正を行っておき、その温度でプロセスウエハに対して酸化処理を行い、ウエハ温度と酸化膜の膜厚との関係を求める。次に校正したい他の装置で同じレシピで酸化処理を行い、酸化膜の膜厚を測定して、先に求めた膜厚と比較する。膜厚が同じであれば、ウエハ温度は先の工程時の温度と同じなので温度コントローラの校正を行うことができ、もし異なれば、同じ膜厚になるまでプロセスを繰り返す。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 a. 温度測定用の被処理体を第1の熱処理装置内に搬入し、温度測定部により被処理体の温度を測定しながら温度コントローラを調整して温度を設定し、被処理体を所定の温度まで昇温する工程と、  
b. 熱処理用の被処理体を前記熱処理装置内に搬入し、温度コントローラを前記a.の工程で調整した温度設定値のまま被処理体に対して熱処理を行って薄膜を形成する工程と、c. 前記熱処理用の被処理体の薄膜の膜厚を測定する工程と、  
d. 温度校正を行うべき第2の熱処理装置内に熱処理用の被処理体を搬入し、前記b.の工程で行った熱処理と同じ熱処理を行って被処理体に対して薄膜を形成する工程と、  
e. 前記d.の工程で得られた薄膜の膜厚を測定し、膜厚が前記c.の工程で測定した膜厚と同じであればそのときの温度コントローラの温度設定値と前記a.の工程で測定した被処理体の温度との関係を把握し、膜厚が前記c.の工程で測定した膜厚と同じでなければ同じになるまで温度コントローラを調整して、前記d.の工程を繰り返し行い、同じになったときの温度コントローラの温度設定値と前記a.の工程で測定した被処理体の温度との関係を把握する工程と、を含むことを特徴とする熱処理装置の温度校正方法。

【請求項2】 前記c.の工程の後、設定温度を少し変えて前記b.の工程を行なうと共に被処理体の薄膜の膜厚を測定し、その結果と先に行なった前記b.及び前記c.の工程の結果とに基づいて膜厚変化量と温度変化量との関係を把握する工程を更に含み、前記e.の工程において、膜厚が同じになるまで温度コントローラを調整するときに前記膜厚変化量と温度変化量との関係を利用して温度コントローラを調整することを特徴とする請求項1記載の熱処理装置の温度校正方法。

【請求項3】 請求項1の前記a.、前記b.、及び前記c.の工程を行なって得られた膜厚と被処理体の温度との関係を示すデータに基づいて、請求項1の前記d.及び前記e.の工程を行なうことを特徴とする熱処理装置の温度校正方法。

【請求項4】 膜厚と被処理体の温度との関係を示すデータは、前記c.の工程の後、設定温度を少し変えて前記b.の工程を行なうと共に被処理体の薄膜の膜厚を測定し、その結果と先に行なった前記b.及び前記c.の工程の結果とに基づいて得た膜厚変化量と温度変化量との関係を含み、  
前記e.の工程において、膜厚が同じになるまで温度コントローラを調整するときに前記膜厚変化量と温度変化量との関係を利用して温度コントローラを調整することを特徴とする請求項3記載の熱処理装置の温度校正方法。

【請求項5】 前記a.の工程において被処理体の温度

を測定する工程は、被処理体に熱電対を設けて行なうことをことを特徴とする請求項1ないし4にいずれか記載の熱処理装置の温度校正方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は熱処理装置の温度校正方法に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体製造プロセスにおいて、半導体ウエハ（以下ウエハという）に対して熱処理を行う装置の一つにバッチ処理を行う縦型熱処理装置がある。この装置は、ウエハポートなどと呼ばれている保持具に多数枚のウエハを棚状に保持し、この保持具を縦型の熱処理炉の中に搬入して熱処理例えば酸化処理を行うものである。

【0003】ウエハを熱処理する場合ウエハの温度を正確にコントロールする必要があり、例えば酸化処理によりウエハ上に酸化膜を形成する場合、ウエハの温度によって膜厚が左右される。このためヒータの温度コントローラの校正を高精度に行わなければならない。従来は、熱電対を付けたウエハを温度校正すべき熱処理炉内に入れてウエハの温度を測定し、この測定値と温度コントローラの指示値とを合わせ込んで校正を行っていた。また熱電対に代えて、ウエハから放射される輻射光を捉えて光電素子により電気信号に変換し、ウエハの温度を測定する放射型温度計を用いることも検討されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】熱電対付きウエハを温度校正すべき熱処理炉内に入れると、熱電対をなす金属が熱処理炉内に飛散して付着し、付着した金属がプロセスウエハに付着してメタル汚染を引き起こすおそれがある。また放射型温度計を用いる場合には、ウエハ以外の部位からの輻射光も受光部に入るため、放射率の補正が難しいという問題がある。

【0005】本発明は、このような事情の下になされたものであり、その目的は被処理体を汚染するおそれがなく、しかも高い精度で熱処理装置の温度コントローラの構成を行うことができる温度校正方法を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の熱処理装置の温度校正方法は以下の工程を含むものである。

a. 温度測定用の被処理体を第1の熱処理装置内に搬入し、温度測定部により被処理体の温度を測定しながら温度コントローラを調整して温度を設定し、被処理体を所定の温度まで昇温する工程と、

b. 熱処理用の被処理体を前記熱処理装置内に搬入し、温度コントローラを前記a.の工程で調整した温度設定値のまま被処理体に対して熱処理を行って薄膜を形成する工程と、c. 前記熱処理用の被処理体の薄膜の膜厚を

測定する工程と、

d. 温度校正を行うべき第2の熱処理装置内に熱処理用の被処理体を搬入し、前記b.の工程で行った熱処理と同じ熱処理を行って被処理体に対して薄膜を形成する工程と、

e. 前記d.の工程で得られた薄膜の膜厚を測定し、膜厚が前記c.の工程で測定した膜厚と同じであればそのときの温度コントローラの温度設定値と前記a.の工程で測定した被処理体の温度との関係を把握し、膜厚が前記c.の工程で測定した膜厚と同じでなければ同じになるまで温度コントローラを調整して、前記d.の工程を繰り返す行い、同じになったときの温度コントローラの温度設定値と前記a.の工程で測定した被処理体の温度との関係を把握する工程

この場合a.の工程において被処理体の温度を測定する工程は、例えば被処理体に熱電対を設けて行なう。

【0007】このような温度校正方法によれば、例えば1台の熱処理装置(第1の熱処理装置)についてのみ熱電対を入れればよく、温度校正すべき他の熱処理装置(第2の熱処理装置)については膜厚を媒体として温度コントローラの校正ができるので、熱電対による被処理体に対する金属汚染を防止できる。

【0008】また本発明において、c.の工程の後、温度を少し変えてb.の工程を行なうと共に被処理体の薄膜の膜厚を測定し、その結果と先に行なったb.及びc.の工程の結果とに基づいて膜厚変化量と温度変化量との関係を把握する工程を更に含み、e.の工程において、膜厚が同じになるまで温度コントローラを調整するときに前記膜厚変化量と温度変化量との関係を利用して温度コントローラを調整するようにしてもよい。このような方法によれば、膜厚の測定値からあとのくらい温度コントローラの調整を行えばよいかを把握できるので、試行錯誤によるよりも調整が容易である。なお本発明は、上記のa. b. 及びc.の工程を行なって得られた膜厚と被処理体の温度との関係を示すデータに基づいて、請求項1のd. 及びe.の工程を行なう場合も権利範囲に含まれる。

【0009】

【発明の実施の形態】以下に本発明に係る温度校正方法の実施の形態について説明するが、先ずこの実施の形態で用いられる縦型熱処理装置について図1及び図2を参照しながら簡単に述べておく。この装置は縦型熱処理炉1と、保持具であるウエハポート2と、このウエハポート2を昇降させるポートエレベータ3とを備えている。

【0010】縦型熱処理炉1は、例えば石英よりなる二重構造の反応管41、この反応管41を囲むように設けられた抵抗発熱体などからなる加熱部であるヒータ42などからなり、反応管41の底部にはガス供給管43及び排気管44が接続されていて、反応管41の外管41aからガス穴40を介して内管41bの中にガスが流れ

るようになっている。45は均熱用容器である。前記ヒータ42は温度コントローラ5により電力が制御されて加熱されるように構成されている。このヒータ42は、実際には複数個例えば上、中、下の3段に分割されて、各ヒータ42毎に温度コントローラ5が設けられており、ウエハポート2に保持されているウエハ群の上部、中央部、下部の温度制御を夫々受け持つようになっている。

【0011】ウエハポート2は、例えば天板21及び底板22の間に複数の支柱23を設け、この支柱23に上下方向に形成された溝にウエハWの周縁を挿入して保持し、こうして複数のウエハWを棚状に保持するように構成されている。ウエハポート2は、縦型熱処理炉1の下端の開口部6を開閉する蓋体61の上に設けられた保温筒62の上に載置されている。蓋体61はポートエレベータ3に設けられており、ポートエレベータ3が昇降することにより、熱処理炉1に対してウエハポート2の搬入が行われる。

【0012】次に本発明の実施の形態に係る温度校正方法について述べる。なお説明の便宜上各工程の説明の前に番号(カッコ付き)を付しておく。

【0013】(1) 先ず熱電対の付いた被処理体であるウエハWをウエハポート2に保持させて第1の縦型熱処理装置の熱処理炉1内に搬入し、温度コントローラ5によりヒータ42の加熱量及び温度設定値を調整してウエハWの温度を校正したい温度に合わせ込む。図3はこの様子を示す説明図であり、3段に分割されたヒータ42(42-1~42-3)は夫々温度コントローラ5(5-1~5-3)により加熱量が調整されるようになっている。また各ヒータ42(42-1~42-3)の加熱領域(加熱受け持ち範囲)にはウエハWが保持されており、これらウエハWに付けられている熱電対70の温度検出値が、対応する温度表示部7(7-1~7-3)に表示されている。この場合熱電対70及び温度表示部7により温度測定部が構成される。なお熱電対70の信号線は、ウエハポート2の底部から蓋体61を介して熱処理炉1の外に導出されている。各温度コントローラ5(5-1~5-3)により、対応する加熱領域のウエハW温度を調整することができ、例えば校正したいウエハWの温度が900℃であるとすれば、温度コントローラ5(5-1~5-3)の温度設定値を調整して、対応する温度表示部7(7-1~7-3)の温度表示が900℃になるようにする。図3では例えば上段の加熱領域の温度コントローラ5-1の温度設定値が、902℃(この数値は説明の便宜上の数値である。)のとき、当該加熱領域のウエハWの温度が900℃になっていることを表わしている。こうして各加熱領域毎にウエハWが校正温度(この例では900℃)になっているときの温度コントローラ5(5-1~5-3)の温度設定値が分かる。

【0014】(2) 続いてプロセス(熱処理)用のウエハWをウエハポート2に搭載して熱処理炉1内に搬入し、各温度コントローラ5(5-1~5-3)の温度設定値を上述のままにして酸化プロセスを行う。図4の上部はこの様子を模式的に示す図であり、中段の加熱領域に対応する温度コントローラ5-2についてのみ示してあるが、上段及び下段の温度コントローラ5(5-1及び5-3)についても同様に先の温度設定値に設定されている。

【0015】図5はプロセスウエハWに対して酸化プロセスを行う場合の加熱領域の温度に関するレシピの一例であり、例えば300℃でウエハWを熱処理炉1内に搬入(ローディング)し、プロセス温度(この例では900℃)まで昇温し、温度安定後に例えば酸素ガスを熱処理炉1内に供給してウエハWに対して酸化処理を行い、アニール後に降温する様子を示している。そしてプロセス温度の設定において、各温度コントローラ5(5-1~5-3)の温度設定値を既述の値にして、ウエハWのプロセス温度も900℃に合わせている。

【0016】(3) 酸化プロセスを行ったウエハWについては、図4の下部に示すように膜厚測定部8例えばエリプソメータにより酸化膜の膜厚を測定する。なお膜厚の数値は説明の便宜上の数値である。

【0017】(4) 次にプロセス温度を少し変えて例えば5度変えて同様のレシピにより同じ酸化プロセスを行い、酸化膜の膜厚を測定する。なお同じ酸化プロセスとは、ウエハWのローディング時の温度、昇温速度等、プロセス温度以外は同じレシピであることを意味している。

【0018】(5) こうして前記(3)の工程と(4)の工程との結果に基づいて、即ち900℃のときの酸化膜の膜厚と、例えば905℃のときの酸化膜の膜厚とに基づいて、プロセス温度を1度変化させると膜厚がどれくらい変化するかを表わす膜厚温度係数(膜厚変化量/温度変化量)が分かる。例えば一例としてプロセス温度が900℃及び905℃のときの膜厚が夫々110オングストローム及び116オングストロームだとすると、膜厚温度係数は $(116-110)/(905-900)=1.2$ オングストローム/℃となる。なお図6では説明の便宜上中段のヒータ42(42-2)の加熱領域のウエハW及び温度コントローラ5(5-2)について記載してあるが、実際には他のヒータ42(42-1、42-3)の加熱領域のウエハWについても膜厚が測定される。

【0019】以上の(1)~(5)までの工程は例えば縦型熱処理装置のメーカ側で行われる。そして縦型熱処理装置のユーザ側では、例えばプロセス温度900℃のときの膜厚、プロセスレシピ、膜厚温度係数の情報をメーカ側から受け取って以下のようにして温度校正が行われる。

【0020】(6) 図6に示すように校正したい第2の縦型熱処理装置にプロセスウエハWをセットし、当該熱処理装置の温度コントローラを(2)の工程と同じ温度(図3参照)に設定し、同じプロセス(図5参照)を行い、このウエハWの酸化膜の膜厚を膜厚測定部8で測定する。例えば温度コントローラ5(5-2)の温度設定値を898℃に設定した場合、この温度コントローラ5(5-2)が(2)の工程で用いたものと同一物であれば、ウエハWのプロセス温度は900℃となるが、異なるものであるため、プロセス温度は900℃になるとは限らず、従って酸化膜の膜厚も110オングストロームにはなるとは限らない。

【0021】(7) そこで測定した膜厚と上記の(3)の工程で得られた膜厚との差を求める。ウエハWのプロセス温度が900℃であればこの差は零であるが、900℃でなければ零とはならずある値(膜厚差)になる。一方既にこの酸化膜の膜厚温度係数は分かっているの、膜厚差と膜厚温度係数とに基づいてプロセス温度が900℃から何度ずれているかが分かり、この温度差分だけ温度コントローラ5(5-2)の温度設定値を調整して再度プロセスを行う。

【0022】即ち温度差(温度変化量)=膜厚差(膜厚変化量)/膜厚温度係数であり、例えば上記の(3)の工程で得られた膜厚よりも2.4オングストローム厚い膜厚であれば、温度差は $2.4/1.2=2$ であるから、温度コントローラ5(5-2)の温度設定値を2度低くすればよいことになる。そして温度コントローラ5(5-2)の温度設定値を2度低くして、再度プロセスウエハWに対して同様のレシピでプロセスを行う。

【0023】(8) プロセスを行って得られた酸化膜の膜厚が上記の(3)の工程で得られた膜厚と同じになるまで(7)の工程を繰り返す。最終的に膜厚が同じになると、酸化膜5について温度校正が行われたことになる。つまり各温度コントローラ5(5-1~5-3)について、対応加熱領域内のウエハWが目標温度になるときの温度設定値が分かる。

【0024】こうしてウエハ温度と温度コントローラ5の温度設定値との関係を記録し、この関係を基に加熱することによって、ウエハの温度を正確に制御することができる。

【0025】上述実施の形態によれば、予め第1の装置内でのウエハの温度を熱電対で検出すると共に、その温度でウエハに対して熱処理である熱酸化プロセスを行って、酸化膜の膜厚を検出し、温度校正を行おうとする第2の装置において、同一のプロセスを行い、酸化膜の膜厚を媒体として温度コントローラ5の温度校正を行っているため、温度校正の対象となる第2の装置の中には熱電対を入れなくて済むので、ウエハに対して熱電対を原因とする金属汚染を避けることができる。

【0026】以上において、本発明では熱電対70及び

温度表示部7により構成される温度測定部で例えば900℃の温度測定値が得られた場合、温度コントローラ5の指示値をそのままにしてプロセスウエハに対して酸化処理を行っているが、例えば温度コントローラ5の指示値を数度調整して例えば5℃だけ小さくして、そのときのウエハの温度が895℃であると取扱ってプロセスウエハに対して酸化処理を行い、酸化膜の膜厚を介して895℃の温度を他の熱処理装置で実現する場合であっても本発明の権利範囲に含まれるものとする。即ちこの場

$$V = A \cdot \exp(-E/KT) \quad \dots \textcircled{1}$$

$$\{\partial V / \partial T\} / V = (E/K \cdot T^2) * 100 [\% / ^\circ\text{C}] \quad \dots \textcircled{2}$$

ただしVは膜厚の成長速度、Kはボルツマン定数、Tは絶対温度、Eは活性化エネルギーである。②式は膜厚温度係数を表わしているので、実験で求めた活性化エネルギー、温度、膜厚を代入すれば、膜厚温度係数の値が求まる。

【0029】膜厚温度係数を用いれば、上記の(7)の工程で述べたように温度コントローラ5の温度設定値を容易に目標値に近づけ、合わせ込むことができるが、膜厚温度係数を用いることなく、試行錯誤に温度設定値を調整して膜厚が同じになるようにプロセスを繰り返してもよい。また上述の説明では装置のメーカ側、ユーザ側に分けて一般的なモデルを記載したが、ユーザ側で上記の工程を全て行ってもよい。

【0030】更にプロセスとしては酸化処理に限らず、例えばアンモニアとジクロルシランとを用いて窒化膜を成膜する場合など、他の成膜プロセスであってもよい。更にまた最初にウエハの温度を測定する場合には、熱電対を用いることに限ることなく放射温度計などを用いてもよい。なお温度校正の対象となる装置としてはバッチ炉に限らず、1枚ずつ熱処理を行う枚葉式の熱処理装置であってもよい。

【0031】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、被処理体を熱処理するにあたって温度校正すべき熱処理装置の温度コントローラの校正を被処理体の汚染を伴うことなく行うことができる。

合も特許請求の範囲のb.の工程でいう、温度コントローラを前記a.の工程で調整したまま、の状態に対応するものである。

【0027】上述の例ではプロセス温度を2点設定して、実際に膜厚温度係数を求めているが、この膜厚温度係数は予め実験により求めた値を用いてもよい。即ち膜厚の成長速度は、一般に下記①式で表わされ、これを温度Tに対して偏微分すると②式が得られる。

【0028】

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の温度校正方法の一実施の形態に用いられる縦型熱処理装置を示す外観図である。

【図2】上記の縦型熱処理装置を示す断面図である。

【図3】実際のウエハの温度測定値と温度コントローラの温度設定値との関係を模式的に示す説明図である。

【図4】温度コントローラの温度設定値をある値に設定してウエハWに熱酸化プロセスを行い、そのウエハの酸化膜の膜厚を測定する状態を示す説明図である。

【図5】ウエハの温度についてのレシピの一例を示す温度特性図である。

【図6】ウエハ酸化膜の膜厚を測定し、その測定結果と温度コントローラの温度設定値とを対応させている様子を示す説明図である。

【符号の説明】

1 縦型熱処理炉

2 ウエハポート

41 反応管

42 ヒータ

W 半導体ウエハ

5、5-1～5-3 温度コントローラ

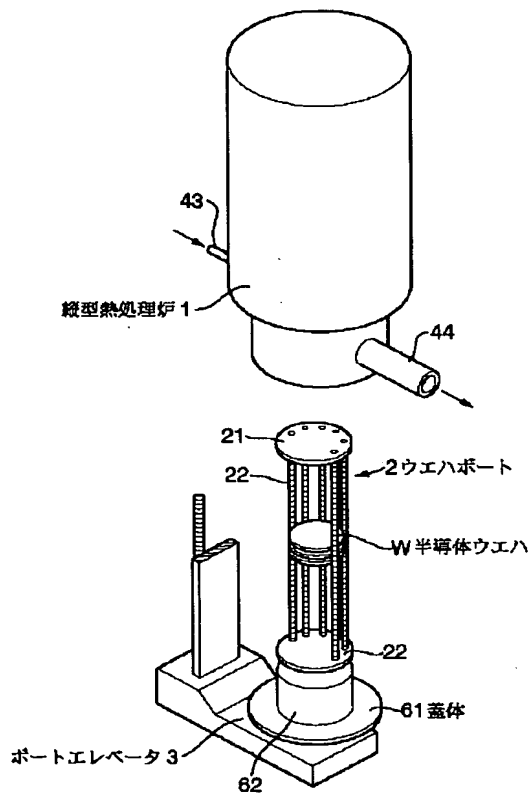
61 蓋体

7、7-1～7-3 温度表示部

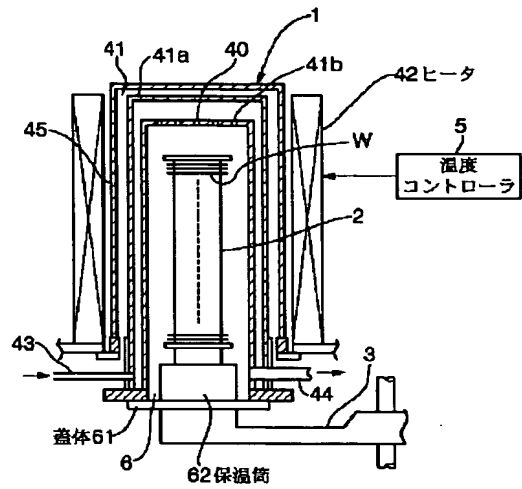
70 熱電対

8 膜厚測定部

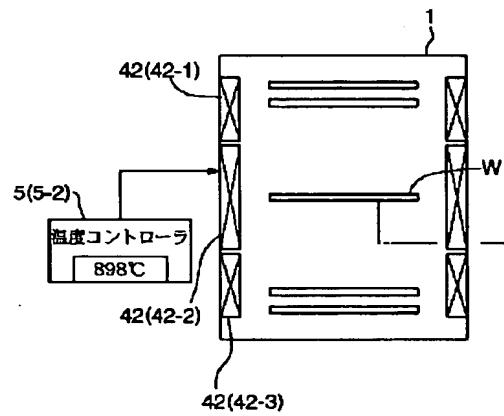
【図1】



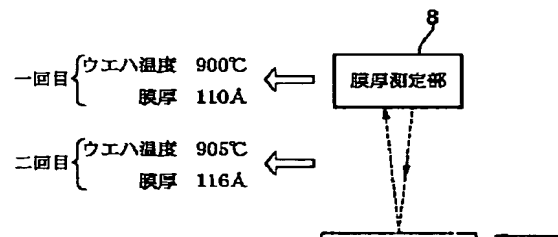
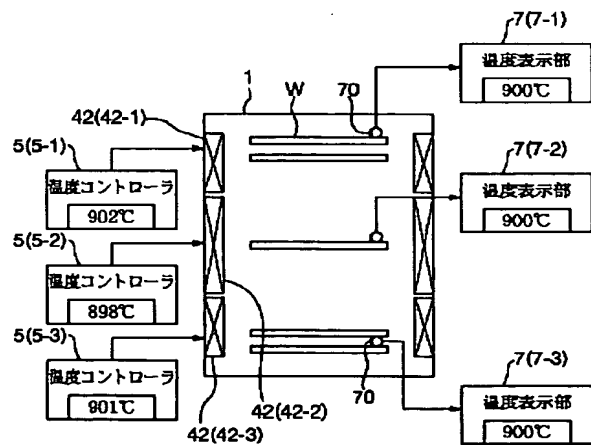
【図2】



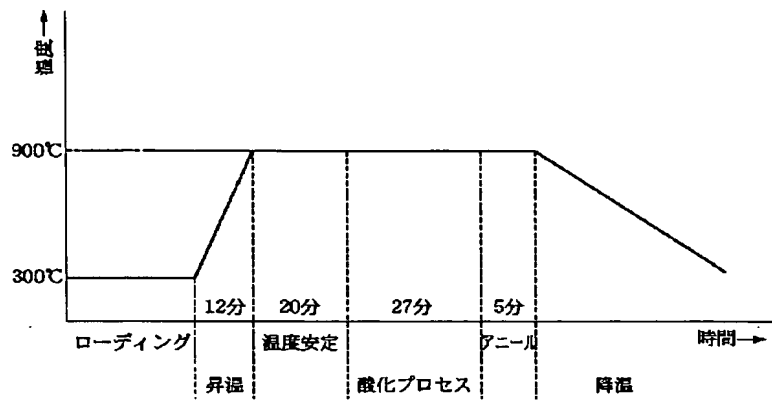
【図4】



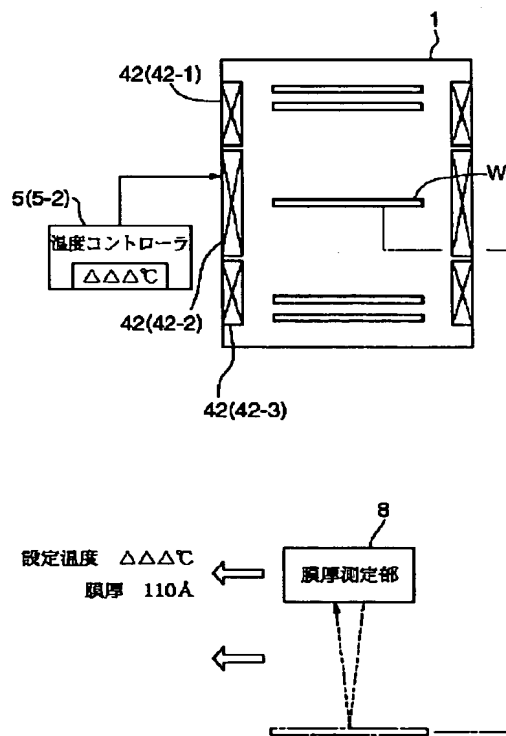
【図3】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 王 文凌  
神奈川県津久井郡城山町町屋1丁目2番41  
号 東京エレクトロン東北株式会社相模事  
業所内

(72)発明者 安原 もゆる  
東京都港区赤坂五丁目3番6号 東京エレ  
クトロン株式会社内  
Fターム(参考) 5F045 AA20 AB32 BB01 BB14 DP19  
EK27 GB01 GB09



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**